

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2005 年 9 月 29 日 (29.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/090771 A1

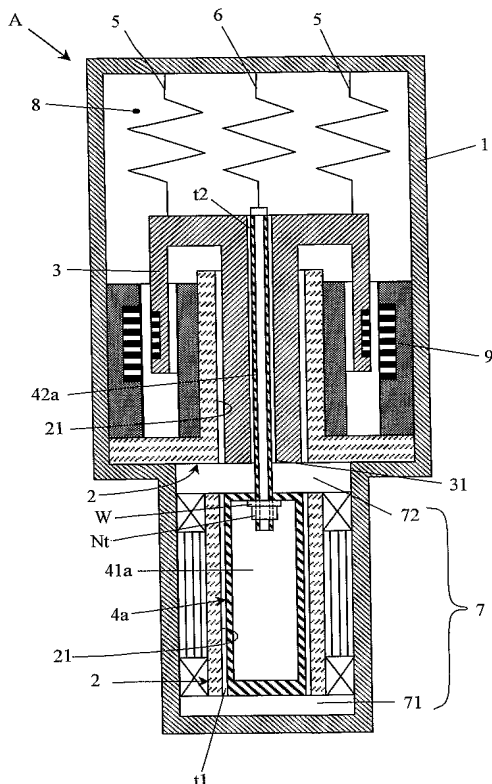
- (51) 国際特許分類: F02G 1/053  
 (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003700  
 (22) 国際出願日: 2004 年 3 月 18 日 (18.03.2004)  
 (25) 国際出願の言語: 日本語  
 (26) 国際公開の言語: 日本語  
 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒545-8522 大阪府 大阪市 阿倍野区長池町 2 番 2 号 Osaka (JP).  
 (72) 発明者; および  
 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 坂元 仁 (SAKAMOTO, Jin) [JP/JP]; 〒619-0222 京都府 相楽郡 木津町相楽姫子 2 4-3 Kyoto (JP). 吉村 和士 (YOSHIMURA, Kazushi) [JP/JP]; 〒636-0023 奈良県

- 北葛城郡 王寺町太子 1-3-3 1 Nara (JP). 山上 真司 (YAMAGAMI, Shinji) [JP/JP]; 〒518-0423 三重県 名張市 つつじが丘南 3-2 5 Mie (JP). 北村 義之 (KITAMURA, Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒639-1007 奈良県 大和郡 山市 南郡山町 7 0 8-1 Nara (JP). 安村 浩至 (YASUMURA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒636-0111 奈良県 生駒郡 斑鳩町法隆寺北 2-1-9 Nara (JP).  
 (74) 代理人: 佐野 静夫 (SANO, Shizuo); 〒540-0032 大阪府 大阪市 中央区天満橋京町 2 番 6 号 天満橋八千代ビル別館 Osaka (JP).  
 (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: STIRLING ENGINE

(54) 発明の名称: スターリング機関



(57) Abstract: A Stirling engine (A), comprising a pressure vessel (1) in which working mixture is sealed, a cylinder (2) fixed inside the pressure vessel (1), a power piston (3) disposed in the cylinder (2), an a displacer (4a) displaced in the cylinder (2) coaxially with the power piston (3), the displacer (4a) further comprising a displacer piston (41a) sliding in the cylinder (2) and a rod (42a) fixedly connected to the displacer piston (41a) and passed through a sliding hole (31) provided at the center of the power piston (3). The rod (42a) is formed in a hollow pipe shape.

(57) 要約: 内部に作動ガスが封入された圧力容器1と、圧力容器1内部に固定されたシリンダ2と、シリンダ2内部に配設されたパワーピストン3と、シリンダ2内部にパワーピストン3と同軸上に配設されたディスプレーサ4aとを有し、ディスプレーサ4はシリンダ2内部を摺動するディスプレーサピストン41aと、ディスプレーサピストン41aに連結固定され、パワーピストン3の中心部に設けられた摺動孔31を貫通するロッド42aを有しており、ロッド42aが中空のパイプ形状で形成されているスターリング機関A。

WO 2005/090771 A1



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

## スターリング機関

## 技術分野

本発明は、フリーピストン型スターリング機関に関するものである。

## 背景技術

近年、一般的な動力源として、オットーサイクルやディーゼルサイクル等の熱サイクルを用いたエンジン等の内燃機関が広く用いられている。しかしながらこれらの内燃機関の排出する排気ガスは大気を汚染し、発生する騒音などの公害は大きな社会問題となっている。

また、冷凍機等の冷凍サイクルには、一般に蒸気圧縮式の冷凍サイクルが採用されている。作動ガスとしての冷媒にはフロンガスが用いられ、その凝縮、蒸発を利用して所望の冷却性能を得ている。ところが、フロンは非常に化学安定性が高く、一旦、大気中に放出されると成層圏まで達し、オゾン層を破壊してしまう。このため近年、特定フロンを対象として、その使用及び生産が規制されている。

そこで、これらの問題を包含しないスターリングサイクル又は逆スターリングサイクルを用いたスターリング機関が注目されている。

スターリングサイクルを用いたスターリングエンジンは外燃機関であり、熱源を特定しない、内燃機関のように燃料を用いて燃焼を行う場合でも、高温、高圧下での燃焼ではないので有害物質が発生しにくい等の利点を有している。

前記スターリング機関はその作動ガスとして、ヘリウムガス、水素ガス、窒素ガス等の地球環境に悪影響を与えないガスを採用している。

また、逆スターリング冷凍サイクルを用いたスターリング冷凍機は、極低温レベルの寒冷を発生させることのできる小型冷凍機の一つとして知られている。

第7図にスターリング機関の一例としてフリーピストン型スターリング冷凍機の側断面図を示す。

スターリング冷凍機Bは、圧力容器1と、圧力容器1内部に固定されたシリンダ2と、シリンダ2内部に配設されたパワーピストン3及びディスプレイサ4を有して

いる。パワーピストン 3 及びディスプレーサ 4 は同軸上に配置されており、該軸に沿って直線往復運動する。

ディスプレーサ 4 はディスプレーサピストン 4 1 とロッド 4 2 を有している。ロッド 4 2 はパワーピストン 3 の中心部に形成された摺動孔 3 1 を貫通しており、パワーピストン 3 及びディスプレーサピストン 4 1 は、シリンダ内周摺動面 2 1 を滑らかに摺動可能である。また、パワーピストン 3 はパワーピストン支持ばね 5 に、ディスプレーサ 4 はロッド 4 2 を介して、ディスプレーサ支持ばね 6 によって、圧力容器 1 に弾性支持されている。

圧力容器 1 によって形成される空間はパワーピストン 3 によって 2 つの空間に分割される。一方の空間はパワーピストン 3 のディスプレーサ 4 側の作動空間 7 であり、他方はパワーピストン 3 のディスプレーサ 4 と反対側である背圧空間 8 である。これらの空間には高圧ヘリウムガス等の作動ガスが充填されている。

パワーピストン 3 はピストン駆動体（ここではリニアモータ 9）によって所定の周期で往復運動する。これにより作動ガスは作動空間 7 内で圧縮又は膨張される。ディスプレーサ 4 は作動空間 7 と背圧空間 8 の圧力差によって直線的に往復動される。このときパワーピストン 3 とディスプレーサ 4 は、所定の位相差をもって同一周期にて往復動するように設定されている。パワーピストン 3 とディスプレーサ 4 を所定の位相差を持って往復運動させることで逆スターリング冷凍サイクルが構成される。ここで位相差は、運転条件が同一であればディスプレーサ 4 の質量、ディスプレーサ支持ばね 6 のばね定数及びパワーピストン 3 の動作周波数によって決まるものである。

また、作動空間 7 は、ディスプレーサピストン 4 1 によってさらに 2 つの空間に分割される。一方の空間はパワーピストン 3、ディスプレーサピストン 4 1 及びシリンダ 2 に囲まれた圧縮空間 7 1 であり、他方はシリンダ 2 先端部及びディスプレーサピストン 4 1 で囲まれた膨張空間 7 2 である。圧縮空間 7 1 で高温が発生し、膨張空間 7 2 で冷熱が得られる。

冷熱の発生原理等の逆スターリング冷凍サイクルに関しては、一般によく知られているのでここでは説明を省略する。

ディスプレーサ 4 は圧縮空間 7 1 と背圧空間 8 の圧力差を直線往復動の駆動源とし、ディスプレーサ 4 と支持ばね 6 の共振を利用して往復動している。摺動孔 3 1

を通じて作動空間 7 と背圧空間 8 の間で作動ガスの流れが生じると、そのガスの流動が流動ロスとなり、結果として、スターリング機関の機関効率の低下を引き起こす。それゆえ、摺動孔 3 1 におけるガス流動による機関効率の低下を招かないようにするために、摺動孔 3 1 内周面とロッド 4 2 外周面の直径方向のクリアランスは小さいほうが好ましい。

また、フリーピストン型スターリング機関において、出力（冷凍能力）を向上させるためには、ディスプレイサ 4 の共振周波数を高くする必要がある。

前記駆動周波数は前記共振周波数が高くなると高くなるものであり実質的にディスプレイサの共振周波数を高くしてやればよい。共振周波数はディスプレイサ 4 の質量及びディスプレイサ 4 を弾性支持しているばね 6 のばね定数によって決定する。ディスプレイサの共振周波数を高くするには、ディスプレイサ 4 の質量を軽くする、前記ばね定数を高くする等の手段をとる必要がある。

ディスプレイサ 4 は圧縮空間 7 1 と背圧空間 8 の圧力差を直線往復動の駆動源としており、背圧空間 8 に面しているロッド 4 2 には軸方向の力が作用する。ディスプレイサ 4 の軽量化のためにロッド 4 2 の外径を小さくすると、ロッド 4 2 の強度が落ちてしまい、往復運動を繰り返しているうちに、ロッドに作用する軸方向の力によって変形することがあり得る。ロッド 4 2 に微小な変形を生じた場合、ロッド 4 2 と摺動孔 3 1 のクリアランスが小さいのでロッド 4 2 の微小な変形でもロッド 4 2 と摺動孔 3 1 が干渉してしまい、干渉した箇所で摺動摩擦が発生する。摺動摩擦が発生するとディスプレイサ 4 及びパワーピストン 3 の安定した往復運動は望めなくなり、スターリング機関の機関効率の低下、信頼性の低下、寿命が短くなる等の不具合が発生する。

また、部品同士の精度は取れていたとしても、ロッド 4 2 と摺動孔 3 1 のクリアランスが小さいため、ロッド 4 2 の強度が低いと組み立て及び分解等の作業を行うときに、ロッド 4 2 と摺動孔 3 1 に干渉が生じ摺動摩擦が発生する状態になることもあり得る。

そこで本発明は、高効率で、動作の信頼性が高く、動作寿命の長いスターリング機関を提供することを目的とする。

また本発明は、組み立て分解等の作業性が良好なスターリング機関を提供することを目的とする。

### 発明の開示

上記目的を達成するために本発明は、内部に作動ガスが封入された圧力容器と、前記圧力容器内部に固定されたシリンダと、前記シリンダ内部に配設されたパワーピストンと、前記シリンダ内部に前記パワーピストンと同軸上に配設されたディスプレイサを有するスターリング機関であって、前記ディスプレイサは前記シリンダ内部を摺動するディスプレイサピストンと、該ディスプレイサピストンに連結固定され、前記パワーピストンの中心部に設けられた摺動孔を貫通するロッドを有しており、前記ロッドが中空のパイプ形状で構成されていることを特徴とするものである。

また本発明は、ディスプレイサピストンにおいて、該ディスプレイサピストンは中空部を有しており、該中空部に作動ガスを流入させるための1又は2以上の流入孔と、流入してきたガスを流出させるための1又は2以上の流出孔を有しており、前記流入孔は前記ロッドを連結している壁面に外面から前記中空部に向けて貫通しており、前記流出孔はディスプレイサピストンの周側壁に中空部から外周面に向けて貫通しており、前記ロッドにおいて、該ロッドを介してディスプレイサピストンに流入してきた駆動ガスが前記圧力容器のパワーピストンに対してディスプレイサ側に形成された作動空間と、前記パワーピストンに対して前記作動空間と反対側に形成された背圧空間との間を流動するのを防止する手段を有していることを特徴とするものである。

### 図面の簡単な説明

第1図は本発明にかかるスターリング機関の側断面図であり、

第2図は本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの側断面図であり、

第3図は本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの側断面図であり、

第4図は本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの側断面図であり、

第5図は本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの側断面図

であり、

第 6 図は本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの側断面図であり、

第 7 図は従来例のスターリング機関の側断面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施形態を図面を参照して説明する。説明の便宜上、従来例の第 7 図と同一の部材については同一の符号を付している。

第 1 図は本発明に係るスターリング機関の 1 つであるフリーピストン型スターリング冷凍機の側断面図である。

スターリング冷凍機 A は、内部に作動ガスを充填された圧力容器 1 と、圧力容器 1 内部に固定されたシリンダ 2 と、シリンダ 2 内周面 2 1 に滑らかに摺動可能に配置されたパワーピストン 3 と、パワーピストン 3 と同軸に配置されたディスプレイサ 4 a を有している。パワーピストン 3 はパワーピストン支持ばね 5 で弾性支持されている。ディスプレイサ 4 a はシリンダ 2 内周面 2 1 に滑らかに摺動可能なディスプレイサピストン 4 1 a と、パワーピストン 3 の中央部に設けられた摺動孔 3 1 を貫通するロッド 4 2 a を有している。ディスプレイサ 4 a もパワーピストン 3 と同様にロッド 4 2 a を介してディスプレイサ支持ばね 6 にて圧力容器 1 に弾性支持されている。

シリンダ 2 によって形成される空間はパワーピストン 3 によって 2 つの空間に分割される。一方の空間はパワーピストン 3 のディスプレイサ 4 a 側の作動空間 7 であり、他方はパワーピストン 3 のディスプレイサ 4 a と反対側である背圧空間 8 である。これらの空間には、それには限定されないが、ここでは、作動ガスとして高圧ヘリウムガスが充填されている。

パワーピストン 3 はピストン駆動体（ここではリニアモータ 9）によって所定の周期で往復運動する。これにより作動ガスは作動空間 7 内で圧縮又は膨張される。ディスプレイサ 4 a は作動空間 7 と背圧空間 8 の圧力差によって直線的に往復動される。このときパワーピストン 3 とディスプレイサ 4 a は、所定の位相差をもって同一周期にて往復動するように設定されている。パワーピストン 3 とディスプレイサ 4 a を所定の位相差をもって往復運動させることで逆スターリング冷凍サイクル

が構成される。ここで位相差は、運転条件が同一であればディスプレイサ 4 a の質量、ディスプレイサ支持ばね 5 のばね定数及びパワーピストン 3 の動作周波数によって決まるものである。

また、作動空間 7 は、ディスプレイサピストン 4 1 a によってさらに 2 つの空間に分割される。一方の空間はパワーピストン 3、ディスプレイサピストン 4 1 a 及びシリンダ 2 に囲まれた圧縮空間 7 1 であり、他方はシリンダ 2 先端部及びディスプレイサピストン 4 1 a で囲まれた膨張空間 7 2 である。圧縮空間 7 1 で高温が発生し、膨張空間 7 2 で冷熱が得られる。

次に実施例について説明していく。なお、各実施例でのスターリング機関はディスプレイサを除き第 1 図に示すスターリング機関と同一形状である。

ディスプレイサ以外の部分の図示を省略する。

(第 1 の実施例)

第 2 図は本願発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの 1 例を示す側断面図である。

第 2 図示すディスプレイサ 4 a は、ディスプレイサピストン 4 1 a と、ディスプレイサピストン 4 1 a と同軸上に連結されたロッド 4 2 a を有している。ディスプレイサピストン 4 1 a は中空部 4 1 0 a を有している。

ロッド 4 2 a は、中空パイプ形状に形成されている。ロッド 4 2 a 端部のディスプレイサピストン 4 1 a との連結部 4 2 1 a は、外周面に雄ねじ部 4 2 2 a が形成されている。ディスプレイサピストン 4 1 a のロッド連結壁部 4 1 1 a の中心部には、雌ねじ部 4 1 2 a が形成されており、雌ねじ部 4 1 2 a にロッド 4 2 a の雄ねじ部 4 2 2 a を螺合し、反対側から突出してきた雄ねじ部 4 2 2 a をロックナット N t でワッシャ W を挟んで締めることでロッド 4 2 a をディスプレイサピストン 4 1 a に固定する。

ロッド 4 2 a は中空であるので、軽量に製作することができる。また、同一重量の小径のロッドに比べると直径が大きく断面係数も大きくなり、往復動によって生じる軸力による曲げに対する強度を保つことができる。

本実施例において、ディスプレイサピストン 4 1 a は中空部 4 1 0 a を有するものとしたがそれに限定されるものではなく、中実のディスプレイサピストンを用いてもよい。しかしながら、ディスプレイサの軽量化の観点から中空部を有するもの



が好ましい。

(第2の実施例)

第3図に本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサの他の例の側断面図を示す。

第3図に示すディスプレイサ4bは、ディスプレイサピストン41bと中空パイプ形状のロッド42bを有している。ディスプレイサピストン41bは中空部410bを有している。ディスプレイサピストン41bとロッド42bは第1実施例に示す方法と同じ方法で連結固定される。すなわち、ロッド42bの雄ねじ部422bをディスプレイサピストン41bの雌ねじ部412bに螺合し、雄ねじ部422bの中空部410bに突出した部分にロックナットNtをワッシャWを挟んで螺合することで、ディスプレイサピストン41bとロッド42bを連結する。

ロッド42bは、ディスプレイサピストン連結部421bとは反対側の端部423bにガスの流動を抑制するシール部材424bを備えている。ディスプレイサピストン41bは、中空部410bを有し、作動ガス流入孔413bと作動ガス流出孔414bを備えている。ガス流入孔413bは、ディスプレイサピストン41bのロッド連結壁部411bに1つ形成されている。また、ガス流出孔414bは、ディスプレイサピストン41bの周側壁に径方向に等中心角度間隔（ここでは180°）で2個形成されている。

ディスプレイサ41bが摺動するときに、作動ガスがガス流入孔413bよりディスプレイサピストン内部410bに流入し、ピストン内部410bに流入したガスは流出孔414bから流出する。このとき、流出ガスはシリンダ2とディスプレイサピストン41bの間t1（第1図参照）にガスの薄膜を形成しガスベアリングとして作用する。ディスプレイサ4bの摺動によってディスプレイサピストン内部410bに流入した作動ガスはロッド42bの中空部420bにも流入するが、ガスシール部材424bを越えてガスは流動しないので、作動空間と背圧空間の間にガスが流動するのを防ぐことができる。

ディスプレイサピストン41bに設けられたガス流入孔413bは本例では1個であったが複数備えていてもよく、ガス流出孔414bもまた2個に限定されるものでも、等中心角度間隔に配置されると限定されるものでもなく、シリンダ2とディスプレイサピストン41bの間の摩擦を十分に低減できるものを広く採用できる。

ロッド 4 2 b の端部 4 2 3 b に設置されたガスシール部材 4 2 4 b は、ガスの流動を防止できる場所であれば、端部 4 2 2 b 以外の場所に設けてもよい。

(第 3 の実施例)

第 4 図に本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサのさらに他の例の側断面図を示す。

第 4 図に示すディスプレイサ 4 c は、ディスプレイサピストン 4 1 c と中空パイプ形状のロッド 4 2 c を有している。ディスプレイサピストン 4 1 c は、第 2 図に示すディスプレイサピストン 4 1 b と同様に中空部 4 1 0 c を有しており、作動ガス流入孔 4 1 3 c と作動ガス流出孔 4 1 4 c を備えている。

ロッド 4 2 c のディスプレイサピストン連結部 4 2 1 c の内周面には、雌ねじ部 4 2 5 c が形成されている。ディスプレイサピストン 4 1 c のロッド連結壁部 4 1 1 c には外周面より延伸するロッド 4 2 c の外径と略同径のロッド連結用の孔 4 1 5 c を有している。またロッド連結壁部 4 1 1 c の内周面より延伸し、後述のボルト 4 3 c の雄ねじ部の外径と同じかそれよりも大きい内径のボルト通し孔 4 1 6 c を有している。ロッド連結用の孔 4 1 5 c の内径はボルト通し孔 4 1 6 c の内径よりも大きく形成されている。ロッド連結用の孔 4 1 5 c とボルト通し孔 4 1 6 c はロッド連結壁部 4 1 1 c の略中央部で連結している。

ディスプレイサピストン 4 1 c とロッド 4 2 c との連結固定は以下のとおりである。ロッド 4 2 c をロッド連結用の孔 4 1 5 c に挿入し、ディスプレイサピストン 4 1 c の中空部 4 1 0 c 側から、雌ねじ部 4 2 5 c と雌ねじ部 4 2 5 c と同一径の雄ねじを有するボルト 4 3 c とをワッシャ W を挟んで螺合する。ボルト 4 3 c を用いてディスプレイサピストン 4 1 c とロッド 4 2 c を連結することで、ロッド 4 2 c 中空部 4 2 0 c を通じてのディスプレイサピストン 4 1 c と背圧空間 8、ひいては作動空間 7 と背圧空間 8 とのガスの流動を防止することができる。また、ディスプレイサ 4 c が往復運動する場合、ロッド中空部 4 2 0 c は死空間になってしまうが、中空部 4 2 0 c に作動空間 7 のガスが流入しないので、それだけ効率を高めることが可能である。

上述の実施例ではロッド 4 2 c をロッド連結用の孔 4 1 5 c に挿入しボルト 4 3 c で螺合固定するものを例示しているが、それに限定されるものではなく、ロッド 4 2 c をロッド連結用の孔 4 1 5 c に圧入し雌ねじ部 4 2 5 c とボルト 4 3 c を螺

合することで強固に固定するものであってもよい。ロッド42cをロッド連結用の孔415cに挿入又は圧入するときの当たり面に接着剤を配置し固定してもよい。

また、ロッド42cの嵌合部に雄ねじをロッド連結用の孔415cの内面に雌ねじを形成しておき、ロッド42cをロッド連結用の孔415cに螺合してもよい。

上記の各方法でロッド42cとディスプレイサピストン41cを連結した後、ロッド42cとディスプレイサピストン41cのロッド連結壁部411cとを溶接し強固に固定してもよい。

第5図に第3の実施例に示すディスプレイサの他の例の側断面図を示す。

第5図に示すディスプレイサ4dは、第2図に示すディスプレイサピストン41bと同一の形状を有するディスプレイサピストン41dを有している。

ロッド42dのディスプレイサピストン41dと連結する連結部421dの外周部には雄ねじ部422dが形成されており、連結部421dの中空部にはガスシール部材427dが備えられている。

ディスプレイサピストン41dとロッド42dの連結は、第2実施例の連結方法と同一の方法で行っている。すなわち、予めガスシール部材427dを備えたロッド42dの雄ねじ部422dをディスプレイサピストン41dの雌ねじ部412dに螺合し、雄ねじ部422dの中空部410dに突出した部分にロックナットNtをワッシャWを挟んで螺合することで、ディスプレイサピストン41dとロッド42dを連結する。このとき、第2の実施例とは異なり、ガス流入孔413dから流入した作動ガスは、ガスシール部材427dに遮られて、ロッド42dの中空部420dには流入せず、ガス流出孔414dから流出する。それゆえ、ロッド42dの中空部420dを通じての背圧空間8と作動空間7の間のガスの流動は防止できる。

本実施例は、ディスプレイサピストン中空部410c（410d）とロッド中空部420c（420d）の間でガスが流動しないように、ディスプレイサピストン41cとロッド42cを1本のボルト43cで共締めするもの、ガスシール部材427dをロッドの連結部421dに備えたものを例示しているが、それに限定されるものではなく、ディスプレイサピストン中空部とロッド中空部の間のガスの流動を防ぐことができるものを広く採用することができる。

（第4の実施例）

第6図に本発明に係るスターリング機関に用いられるディスプレイサのさらに他の例の側断面図を示す。

第6図に示すディスプレイサ4 eは、第2実施例で示したディスプレイサピストン4 1 bと同一形状を有するディスプレイサピストン4 1 eを採用している。すなわち、ディスプレイサピストン4 1 eは中空であり、ガス流入孔4 1 3 eとガス流出孔4 1 4 eを備えている。ロッド4 2 eは中空パイプ形状であり、中空部4 2 0 eから周側面外周部に向けて貫通しているガス流出口4 2 8 eを2個（中心角度間隔180°）備えている。また、ロッド4 2 eはディスプレイサピストン4 1 eとの連結部4 2 1 eとは反対側の端部4 2 3 eにガスシール部材間4 2 4 eを備えている。

ディスプレイサピストン4 1 eとロッド4 2 eの連結方法は第2実施例と同じ方法である。すなわち、ロッド4 2 eのディスプレイサピストン4 1 eとの連結部4 2 1 eに設けられた、雄ねじ部4 2 2 eをディスプレイサピストン4 eの雌ねじ部4 1 2 eと螺合する。そして、雄ねじ部4 2 2 eの中空部4 1 0 eに突出した部分にロックナットN tをワッシャWを挟んで螺合することで、ディスプレイサピストン4 1 eとロッド4 2 eを連結する。

作動空間7からガス流入孔4 1 3 eを通して中空部4 1 0 eへ流入したガスは、一部はガス流出孔4 1 4 eからピストン4 1 eとシリンダ2の間に流出し、残りは、中空部4 2 0 eに流入して、ロッド4 2 eに設けられている流出口4 2 8 eを通して摺動孔3 1とロッド4 2 eの間の隙間t 2（第1図参照）に流出し、ガスの薄膜を形成する。このガスの薄膜はディスプレイサ4 e摺動時の摺動孔3 1内周面とロッド4 2 e外周面の摩擦を低減するガス薄膜、いわゆる、ガスベアリングを形成する。

また、ディスプレイサ4 eの摺動によって背圧空間8からロッド中空部4 2 0 eにガスが流入するのを防止できる。それによって、ガスの作動空間7と背圧空間8の間のガスの流動を防止できる。

本実施例において、ロッド4 2 eはガスシール部材4 2 4 eをロッド4 2 eの端部4 2 3 eに備えるものを挙げたが、それに限定されるものではなく、ロッド中空部4 2 0 eを介して、ディスプレイサピストン中空部4 1 0 eと背圧空間8の間にガスの流動が起こらず、ピストン中空部4 1 0 eからロッド中空部4 2 0 eへ流入

したガスが、流出口 4 2 8 e を通して隙間 t 2 に流出するものを広く採用することができる。

流出口 4 2 8 e は、2 個のものを示したがそれに限られるものではなく、ロッド 4 2 e 周側面と摺動孔 3 1 の間で摺動摩擦を低減できるガスベアリングを形成できるものを広く採用できる。

第 1 ～ 第 4 の実施例はスターリング冷凍機について述べたが、冷凍機に限定されるものではなく、熱機関であるスターリングエンジン等にも、適用可能である。

#### 産業状の利用可能性

本発明によると、ディスプレイサのロッドを中空パイプ形状で形成することにより、ディスプレイサ全体を軽量化し共振周波数を高くすることにより、スターリング機関の出力（冷凍能力）を高めることができる。

また本発明によると、ディスプレイサのロッドを中空パイプ形状で形成することにより、該ロッドの強度の低下を抑えて、ディスプレイサ全体を軽量化することができ、それにより、運転の信頼性が高く、高効率で、寿命の長いスターリング機関を提供することができる。

さらに本発明によると、ロッドの中空部を介しての膨張空間と背圧空間との間のガスの流動を防止あるいは低減でき、それだけ、機関効率の低下を防ぐことができるスターリング機関を提供することができる。

また本発明では、パワーピストンの摺動孔とディスプレイサのロッドの間に十分なガスの薄膜を作り、ガスベアリングを形成することで、前記摺動孔と前記ロッドの摺動摩擦を低減でき、それだけ、運転の信頼性が高く、寿命の長いスターリング機関を提供することができる。

## 特許請求の範囲

1. フリーピストン型のスターリング機関であって、  
内部に作動ガスが封入された圧力容器と、  
前記圧力容器内部に固定されたシリンダと、  
前記シリンダ内部に配設されたパワーピストンと、  
前記シリンダ内部に前記パワーピストンと同軸上に、支持ばねにて弾性支持されたディスプレイサとを有しており、

前記圧力容器はパワーピストンに対してディスプレイサピストン側に形成された作動空間と、前記パワーピストンに対して前記作動空間と反対側に形成された背圧空間とを有しており、

前記ディスプレイサは前記シリンダ内部を摺動するディスプレイサピストンと、  
該ディスプレイサピストンに連結固定され、前記パワーピストンの中心部に設けられた摺動孔を貫通するロッドを有しており、

前記ロッドが中空のパイプ形状で形成されていることを特徴とするスターリング機関。

2. フリーピストン型のスターリング機関であって、  
内部に作動ガスが封入された圧力容器と、  
前記圧力容器内部に固定されたシリンダと、  
前記シリンダ内部に配設されたパワーピストンと、  
前記シリンダ内部に前記パワーピストンと同軸上に、支持ばねにて弾性支持されたディスプレイサとを有しており、

前記圧力容器はパワーピストンに対してディスプレイサピストン側に形成された作動空間と、前記パワーピストンに対して前記作動空間と反対側に形成された背圧空間とを有しており、

前記ディスプレイサは前記シリンダ内部を摺動するディスプレイサピストンと、  
該ディスプレイサピストンに連結固定され、前記パワーピストンの中心部に設けられた摺動孔を貫通するロッドを有しており、

前記ディスプレイサを軽量化して共振周波数を高くするため前記ロッドを中空の

パイプ形状にしたことを特徴とするスターリング機関。

3. 前記ディスプレイサピストンは中空部を有しており、  
作動ガスを前記ピストン中空部に流入させる 1 又は 2 以上の流入孔と、  
前記中空部に流入したガスを流出させる 1 又は 2 以上の流出孔とを有しており、  
前記流入孔は前記ロッドが連結している壁面に外面から前記中空部に向けて貫通  
しており、

前記流出孔はディスプレイサピストンの側周壁に中空部から外周面に向けて貫通  
しており、

前記ロッドの中空部を介する作動空間と背圧空間の間の作動ガスの流動を防止す  
る手段を有する請求項 1 又は請求項 2 に記載のスターリング機関。

4. 前記ガスの流動を防止する手段は、前記ディスプレイサピストン中空部と前  
記ロッド中空部の間のガスの流動を防止する請求項 3 に記載のスターリング機関。

5. フリーピストン型のスターリング機関であって、  
内部に作動ガスが封入された圧力容器と、  
前記圧力容器内部に固定されたシリンダと、  
前記シリンダ内部に配設されたパワーピストンと、  
前記シリンダ内部に前記パワーピストンと同軸上に、支持ばねにて弾性支持され  
たディスプレイサとを有しており、

前記圧力容器はパワーピストンに対してディスプレイサピストン側に形成された  
作動空間と、前記パワーピストンに対して前記作動空間と反対側に形成された背圧  
空間とを有しており、

前記ディスプレイサは、前記シリンダ内部を摺動し中空部を有するディスプレイ  
サピストンと、前記パワーピストンの中心部に設けられた摺動孔を貫通するロッド  
を有しており、

前記ディスプレイサピストンは中空部を有しており、

作動ガスを前記ピストン中空部に流入させる 1 又は 2 以上の流入孔と、

前記中空部に流入したガスを流出させる 1 又は 2 以上の流出孔を有しており、

前記流入孔は前記ロッドが連結している壁面に外面から前記中空部に向けて貫通しており、

前記流出孔はディスプレイサピストンの中空部から外周面に向けて貫通しており、

前記ロッドは中空のパイプ形状を有しており、

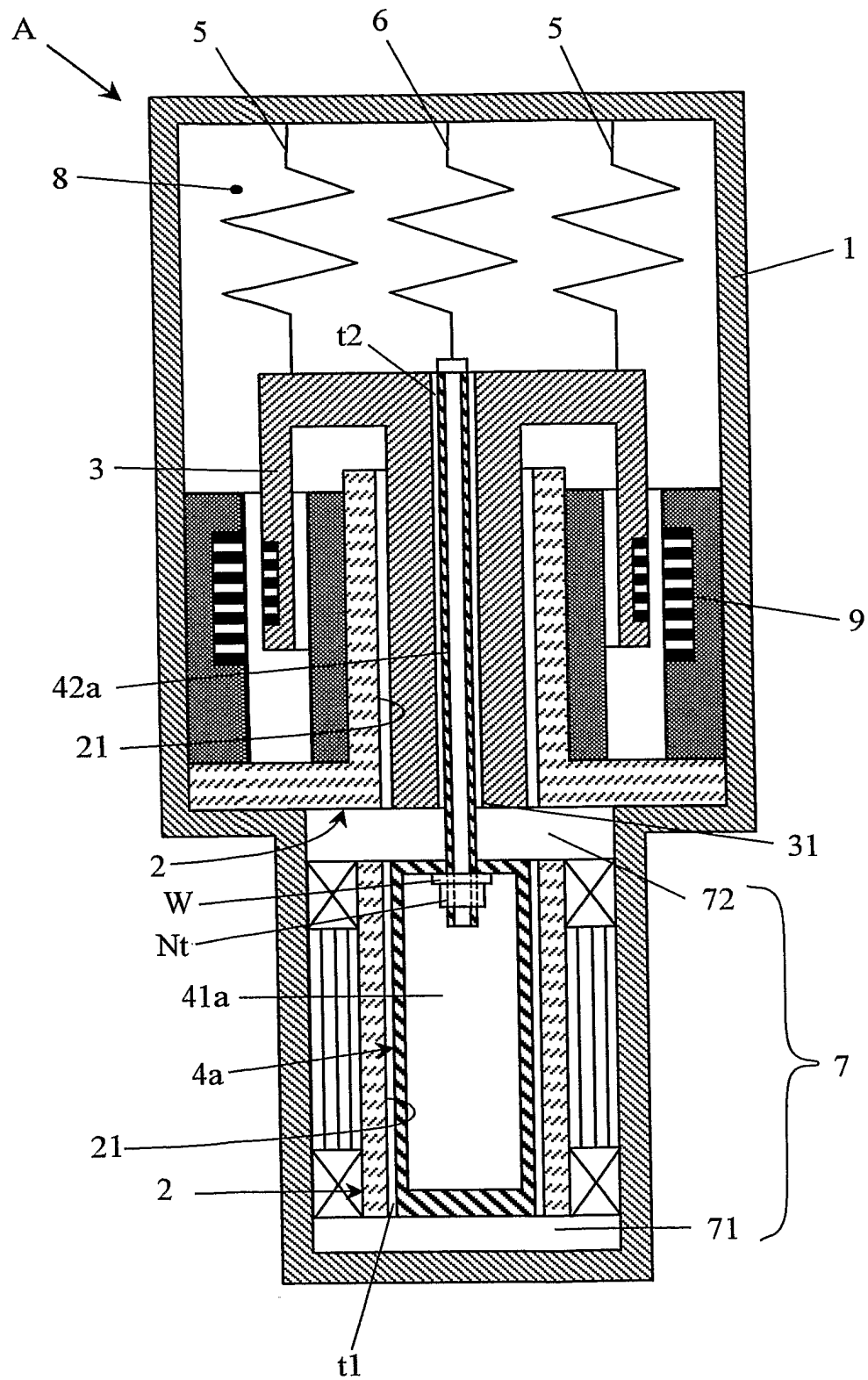
前記ロッド中空部のディスプレイサピストンに対して前記流出口よりも離れた位置に、作動空間と背圧空間の間の作動ガスの流動を防止する手段を有しており、

該ロッドの周側壁の前記摺動孔と重なる部分に該ロッドの径方向に1又は2以上の中空部から外周部に貫通するガス流出口を有することを特徴とするスターリング機関。



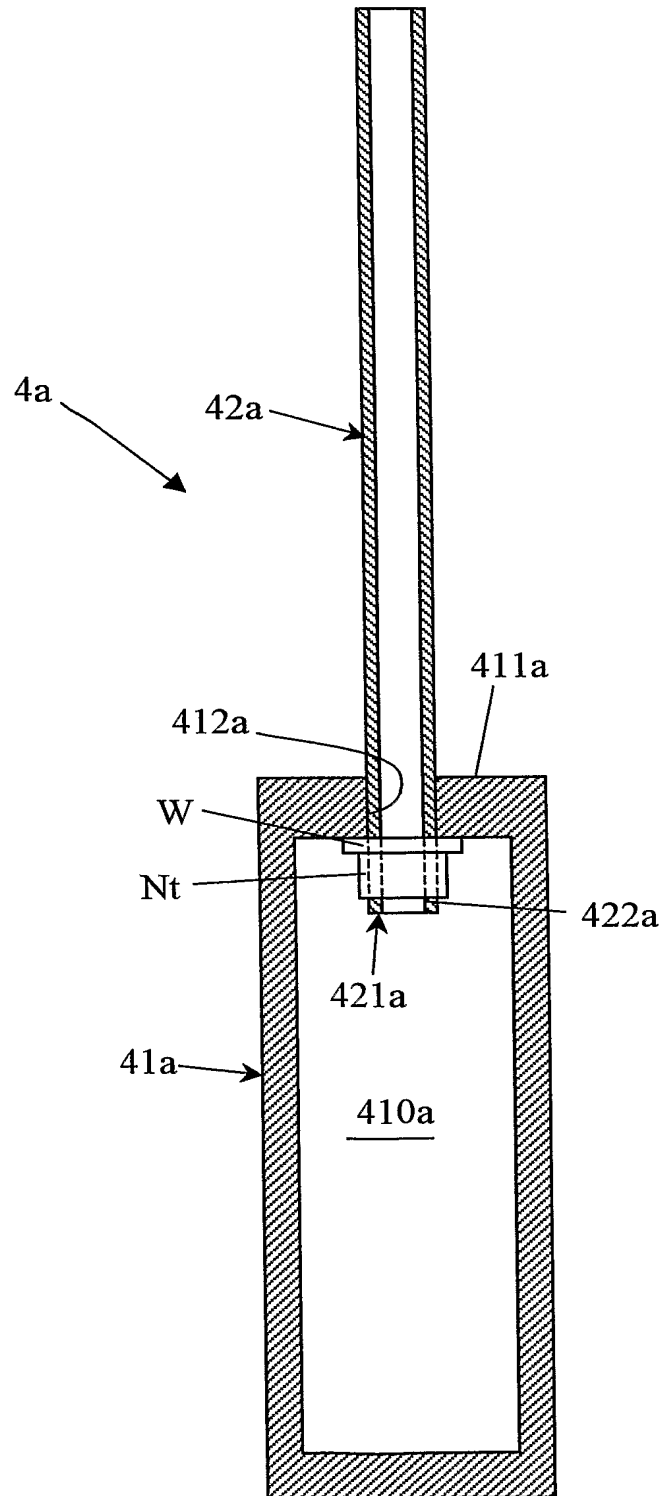
1/7

第1図



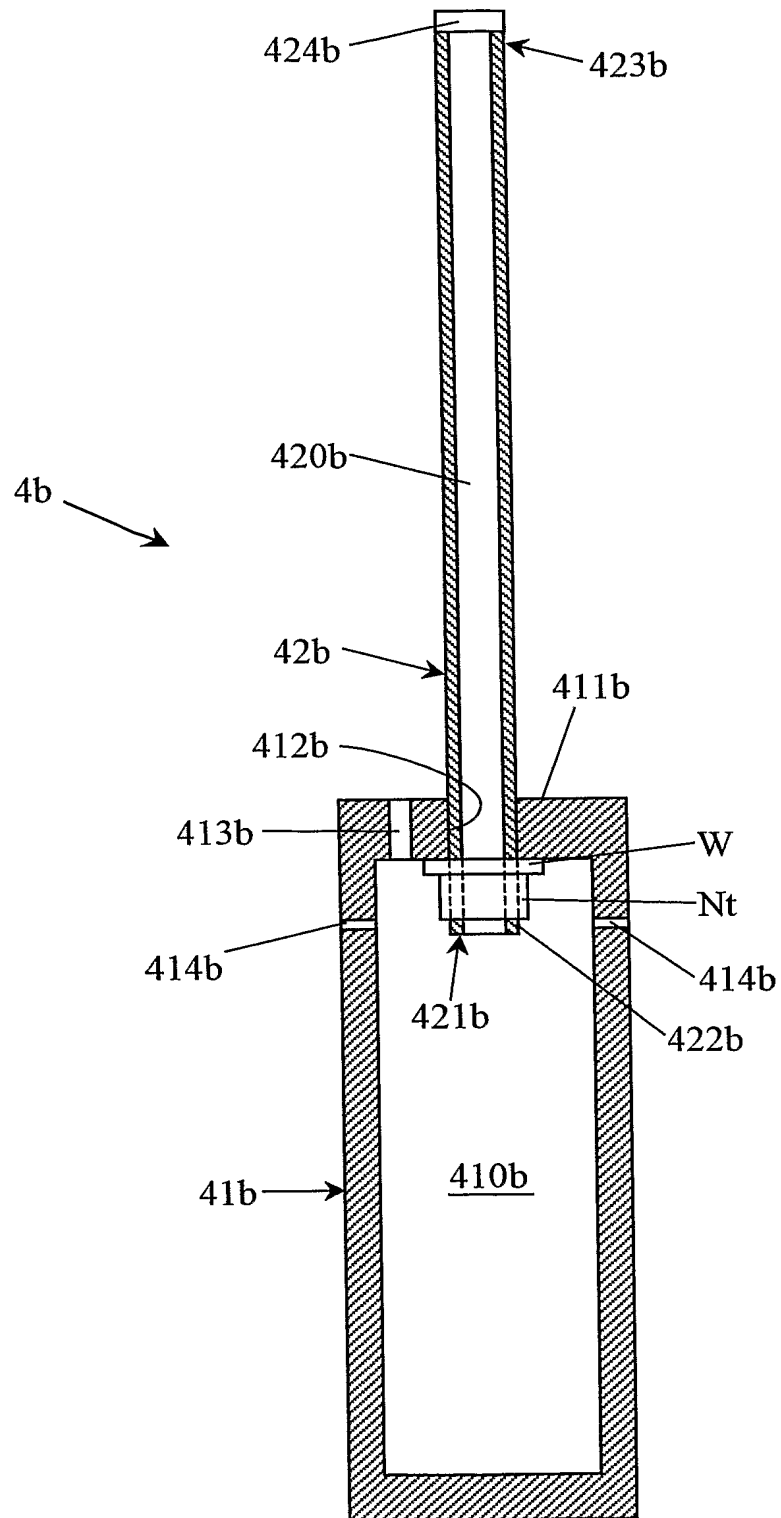
2/7

第2図



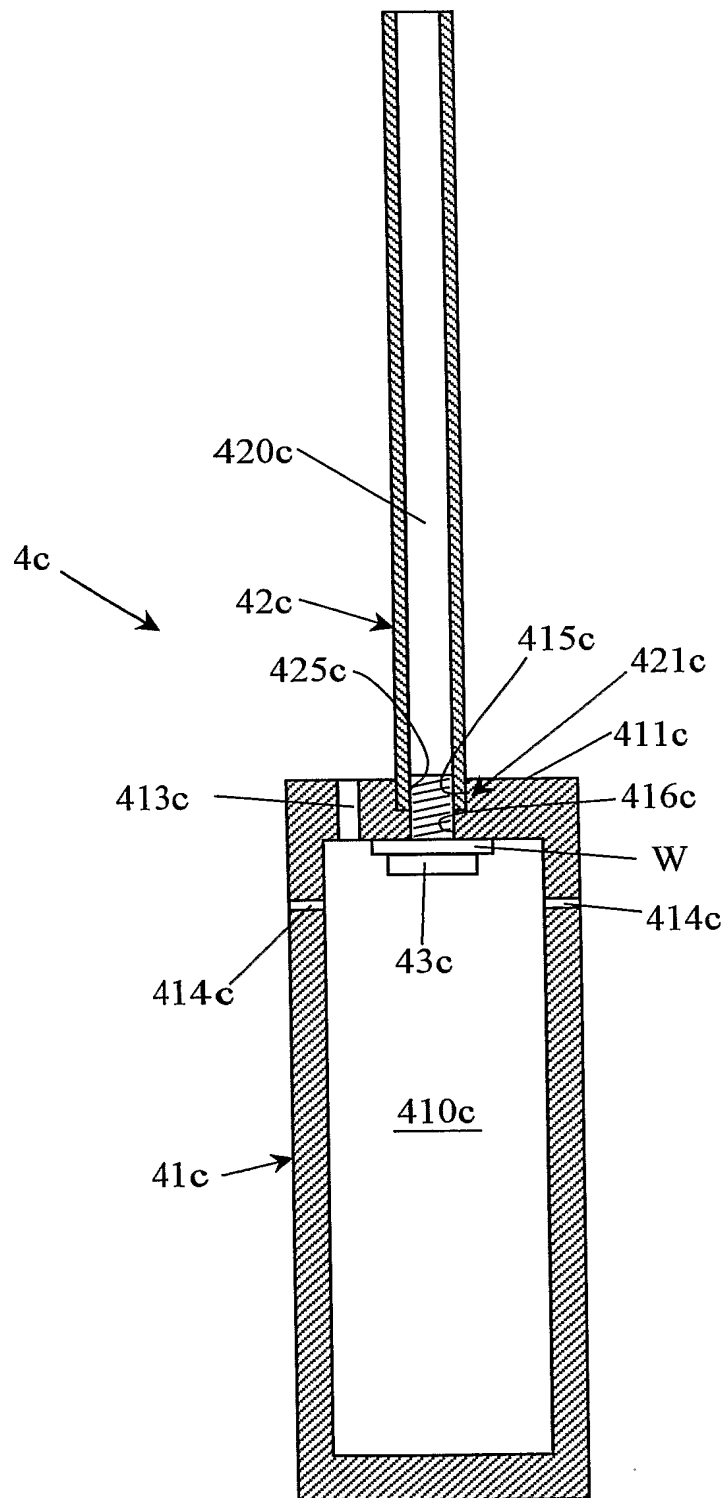
3/7

第3図



4/7

第4図

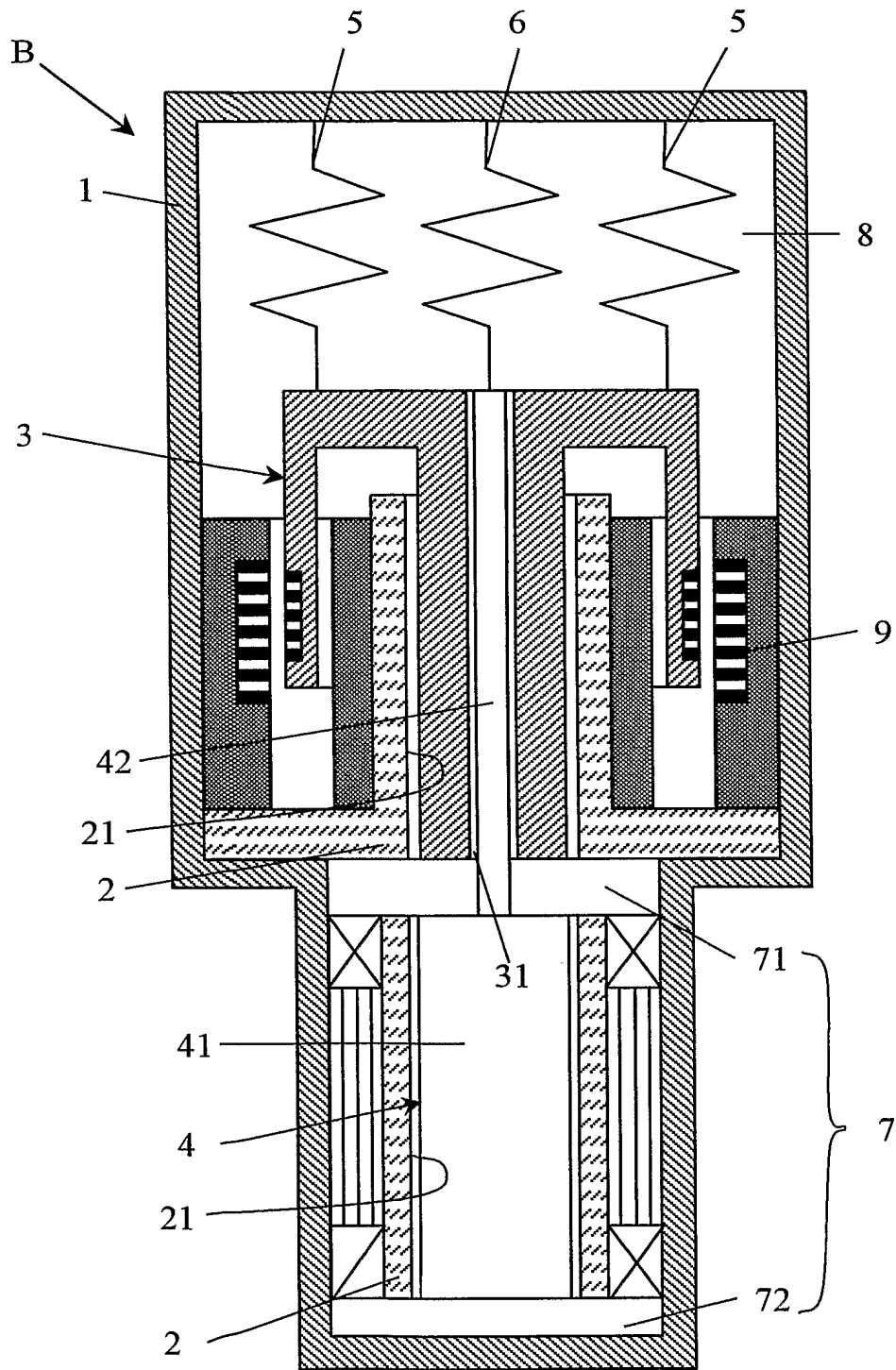






7/7

第7図



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003700

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> F02G1/053

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> F02G1/053

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 10-505396 A (Sunpower, Inc.), 26 May, 1998 (26.05.98), Fig. 1 & WO 96/07815 A	1-2
A	JP 2000-45867 A (Sharp Corp.), 15 February, 2000 (15.02.00), Fig. 3 (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
20 April, 2004 (20.04.04)

Date of mailing of the international search report  
11 May, 2004 (11.05.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup> F 0 2 G 1 / 0 5 3

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl<sup>7</sup> F 0 2 G 1 / 0 5 3

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 10-505396 A (サンパワー・インコーポレーテッド) 1998.05.26, 図1 & WO 96/07815 A	1-2
A	J P 2000-45867 A (シャープ株式会社) 2000.02.15, 図3 (ファミリーなし)	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.04.2004

国際調査報告の発送日

11.5.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

植村 貴昭

3 T

3019

電話番号 03-3581-1101 内線 3355